

氏名	田中 翼
ヨミガナ	タナカ ツバサ
学位の種類	博士（美術）
学位記番号	博美第444号
学位授与年月日	平成26年3月25日
学位論文等題目	〈論文〉 新しい音楽スタイルの創出のための音楽理論生成アルゴリズム 〈作品〉 サウンドファイルのための対位法

論文等審査委員

（主査）	東京藝術大学	教授	（美術学部）	古川 聖
（論文第1副査）	東京藝術大学	教授	（美術学部）	伊藤 俊治
（作品第1副査）	東京藝術大学	准教授	（美術学部）	八谷 和彦
（副査）	情報科学芸術大学院大学	教授	（メディア表現研究科）	三輪 眞弘

（論文内容の要旨）

20世紀以来、情報技術は芸術の領域に大きな変化を及ぼしてきた。特に音楽は数として取り扱いやすいこともあり、芸術の中でも科学技術との親和性が高く、電子音楽の作曲、音響合成、自動作曲、音楽生成支援技術、音楽情報検索などの研究が行われてきた。現在では、音楽プログラミング言語Max（Max/MSP）や歌声を生成するボーカロイドなどをはじめ、音楽生成の支援技術は実用化し、様々なソフトウェアを誰もが手軽に使用できる状況にある。また自動作曲の工学研究においては、様々なジャンルの楽曲をコンピュータが模倣して生成するような研究が行われてきた。しかしこのような、人間の創作をコンピュータが支援したり、人間の考え出した音楽スタイルをコンピュータによって模倣するというような方向性の研究においては、芸術的なオリジナリティの源泉を人間に求めることになり、コンピュータや計算を用いる意義が利便性だけに限定され、矮小化されてしまいかねない。そこで本研究ではコンピュータの使用が、利便性にとどまらず、いかに新しい音楽スタイルを生成しうるのかという問題意識を基本に据える。そして、個々の作品を深層から規定する音楽理論的な構造を対象とした数理的生成手法を開発し、それによって新しい音楽スタイルの創出を試みる。生成対象としては互いに関連する次の四つの音楽理論の領域を扱う。

第一の生成対象は、音楽理論の最も中核的な部分の一つである旋法（ここでの旋法の定義には、単純なピッチクラスの集合としての音階に加えて、旋律的な音程のとり傾向をも含める）である。本研究では旋法が感情表現と密接な結びつきを持つことに着目し、楽しさ、悲しさなどのターゲットとする感情を良く表現できるような旋法の獲得を目的とした。そして、人間からの評価値のフィードバックを利用した強化学習アルゴリズムにより、旋法を感情に適応させていく方法論を構築した。この手法の利点は、適応的な手法を用いることで、通常の心理実験のように予め固定した無数の旋法を逐一評価する必要がなくなり、あらゆる種類の旋法の中から未知の旋法を発見できる可能性がある点である。

第二の生成対象は、旋法をより具体的な旋律に結びつけるための旋律法である。新たな旋律法を生成しようとする際には、既存の旋律から学習するような従来の手法をとることは困難である。そこで本研究では、出来上がった旋律よりもむしろ、人間の作曲者が旋律スタイルを創造するプロセスこそを模倣することで、オリジナルな旋律を生成するためのモデル化を行った。そこでは、作曲家メシアンの、音型の引用と合成による作曲プロセスを参照し、それを形式文法ルールとして捉え直した。そして進化や淘汰を模擬した遺伝アルゴリズムによりルールの探索を行い、互いに整合的な文法規則の創発を試みた。また、多声音楽にも対応するため、声部ごとに異なる（または同じ）旋律法が同時共存するモデル化を行い、生成曲の評価実験を行

った。

第三の生成対象は、とりうる音程の集合を限定する概念として私自身が定義した「音程スケール(interval scale)」である。これは、旋法に基づかない無調音楽においても、旋法や調による色彩の差異のようなものを表現できるようにするための概念であり、旋法から音程の情報のみを抽出した、旋法の概念の変化形である。本研究では、どのような音程スケールを選択すると、そこからどのような種類のピッチが生成されるのかという数学的法則性を探求し、いくつかの定理を見いだした。これらの定理によって、ある種の望ましい音程スケールを得るための手順が明確化し、音程スケールを作曲に用いる際の指針が得られる。

第四の生成対象は、サウンドファイルの対位法である。これは従来の対位法と異なり、音符ではなくサウンドファイルの断片を単位素材とする対位法（同時的／経時的に互いに調和するサウンドファイル断片の組み合わせ）として私が名づけた概念である。近年はビッグデータの時代と呼ばれるように、音楽においても、蓄積された多量のサウンドファイルの内容を検出する音楽情報検索の研究が行われている。サウンドファイルの対位法を考えることは、そうした自動処理技術を電子音楽の作曲法のレベルに組み込むという今日的な課題である。本研究では、多数のサウンドファイル群の様々な音響的特徴量や、ピッチやアタックなどの情報を解析し、同時的／経時的に調和するサウンドファイル間の組み合わせを自動的に発見し、コラージュする音楽生成方法を提案する。そこにおいては、サウンドファイルの検索の基準として先に述べた旋法や音程スケールを応用することも想定される。

（博士論文審査結果の要旨）

本論文は作曲という人間の創造行為をコンピューター・アルゴリズムで代行可能か？という本質的な問いかけに端を発している。コンピューターが登場して以降、電子音楽の作曲、音響合成、楽曲の自動生成などのコンピューター音楽研究がこれまで数多く行われてきたが、それらはMAXやボーカロイドと言った作曲支援技術の実用化にとどまり、作曲行為そのものをコンピューターが生成させるレベルには至っていない。それらはあくまでも人間がつくりだした原情報を、コンピューターを介在させ利用するという状況に過ぎないのだ。しかし時代はすでに大容量データ時代に突入していて、そのビックデータを自動処理する技術の研究開発も非常に高度なものになっている。そうした情報環境の量的、質的な変容を背景に、コンピューター自身に創造性の一端を担わせることができるか、というのが本研究のテーマと言えるだろう。

具体的には音楽の表層的なテクスチャーよりも、旋律法、音階（旋法）、対位法といった音楽の深層構造に着目し、その次元から再生成させることで、新しい構造と楽理上の根拠を見いだそうとするものである。

そのために本論文では「旋律法」（第二章）、「旋法」（第三章）、「対位法」（第五章）といったそれぞれの音楽構造に対して、数々の実証的実験データと数学的モデルの検証を進めながらアプローチをおこない、「音程スケール」や「サウンドファイルの対位法」といった新たな視点も交え、主観性に依存しない客観的な音の組織化の可能性を模索している。

論文の構成は論理的な一貫性に貫かれており、評価実験のデータも精選されたものである。実験手法も強化学習のアルゴリズムを用いるなど特別な方法を採用しており、その今後の可能性も興味深い。遺伝アルゴリズムと関連した文化的遺伝子（ミーム）や特定の旋法と感情表現との結びつきといった芸術表現にとって重要なタームへの目配りもなされており、理系論文の特性と芸術系論文の特性が融合された有意義な論述となっている。

以上の理由により本論文を合格と判定する。

（作品審査結果の要旨）

展示室に置いてあるのは、4つのスピーカーと3脚の椅子だけ、という一見シンプルな作品だが、田中翼の今回の作品「サウンドファイルのための対位法」は、彼の研究論文「新しい音楽スタイルの創出のための音楽理論生成アルゴリズム」(＜論文の最終タイトル要確認＞)と密接に関係しており、本作品はこの論文の第五章「サウンドファイルのための対位法」を具体的実践したものである。

田中翼の研究は、楽曲形式そのものを数学的アプローチからコンピュータに自動生成させ、その結果、コンピュータを用いて初めて作り出され得るような楽曲を提示することであり、本論文の第五章では、自動作曲の単位素材として楽譜や音符データではなく「サウンドファイル」を用いる手法について、研究、論述している。

サウンドファイルを自動作曲の素材に用いる場合の困難は、例えばMIDIデータ等と違い、サウンドファイルに記述してあるのは音の波形データのみであるため、前段階においてまずサウンドファイルの音響分析を行い、各素材の特徴をデータベース化する必要がある点にある。またそのデータベースも、素材の特徴を適切な形で記述しなければ、のちに検索・組み合わせして利用することができない。田中は、この課題をピッチやアタックを解析・数値化し、組み合わせのためのアルゴリズムを規定することにより解決し、従来は作曲家・演奏者が主観的に音を組み合わせていたミュージック・コンクレートに対して、人間が関わらない、主観とは別の形で音の組織化の方向性を示すことに、本作品では挑戦している。

周知のようにすでにインターネット上には膨大な数のサウンドファイルが存在するわけだが、このような作曲法が熟成され、発展していけば、コンピュータ自動作曲による、全く新しい音楽の成り立ちが発生するかもしれない。そのような期待を十分に持てる点も評価し、本作品を博士号に値すると認定する。

(総合審査結果の要旨)

審査には本学、先端芸術表現科教授、伊藤俊治、古川聖、准教授、八谷和彦、そして外部副査として情報科学芸術大学院大学教授の三輪真弘があたった。主査は古川聖が担当した。

田中は長年にわたって、コンピュータを使って音楽の構造をモデル化し、そのモデルから音楽作品を自動生成する、いわゆるアルゴリズム作曲に取り組んできた。博士論文の中で述べられているように、このようなアルゴリズム作曲にはAI(人工知能)研究がもつ様々な困難さが付随し、作曲という複雑かつ創造的な作業において、人間の作曲家がおこなう作曲行為にコンピュータによる自動作曲はまだ遠く及ばないのが現状である。

このことの一つの要因と考えられるのが芸術の持つ、価値の問題である。つまりコンピュータ科学は音楽という文化のもつ、価値とか創造性という重要な側面をその複雑さ曖昧さ故に正面から扱う事を避けてきたし、科学として避けざるを得なかった現実がある。しかし、近年、コンピュータを使ったコンピュータサイエンスの発展により様々な解析や機械学習、その他の方法が開発され、これまでのAI研究を乗り越えようとする試みがなされつつある。ピアニストとしての高い音楽的素養も持つ田中はバックグラウンドとして学部時代に専攻した高い数学的な能力を持っており、彼の駆使する新しい数学理論、解析方法、機械学習などの手法と彼の音楽的感性がこの博士論文のなかで統合され、独自の展開をどげた。

田中はこの新しい音楽スタイルを生成するためのアルゴリズムの研究を四つの視点から掘り下げて行なった。まず、音楽のその一側面である「旋律」をとりあげ、単声の旋律とそれに関係付けられた多数の旋律(ポリフォニー)の生成のためのアルゴリズムの研究をおこなった。次にその旋律を構成する要素の集合である、「旋法」について、それらが表現すると考えられる「情動」と対応づける方法を、機械学習と評価実験により案出した。一方、旋律を「旋法」から成るものとしてとらえない、彼自身のあたらしい概念である「音程スケール」を提示し、この考えを数学的に定理化し、その定理から導きだされる音システムを用いて作曲を行なった。最後に個々の音ではなく、結果として生み出された音響である音、つまりサウンドファイルを直接、機械学習によってマッチングさせる手法を開発し、それを用いて博士作品「サウンドファイルの対位法」をサウンドインスタレーションの形式で展示した。それは既にある音楽を組み合わせつくられたメタ音楽であり、その手法とその結果生み出された音楽は独自のもので、その独創性に大きな評価が与えられた。

彼はこの博士論文「あたらしい音楽スタイルの創出のための音楽理論生成アルゴリズム」に至る過程において、上記の手法や理論を科学論文の形で国内外で発表しており、SMC、ICMCなど評価の高い国際会議においても彼の理論、方法の科学的な意味と意義が評価されている。

田中が学術誌に発表したり、学会発表した主なものは以下の様なものである。

Tsubasa Tanaka and Kiyoshi Furukawa, “Automatic Melodic Grammar Generation for Polyphonic Music Using a Classifier System,” Proceedings of 9th Sound and Music Computing Conference, pp.150-156, 2012, Copenhagen. (音楽情報処理に関する主要な国際会議) (査読付き)

Tsubasa Tanaka, Hidefumi Ohmura and Kiyoshi Furukawa, “Reinforcement Learning Models for Acquiring Emotional Musical Modes,” Proceedings of 10th Sound and Music Computing, pp.40-47, 2013, Stockholm. (音楽情報処理に関する主要な国際会議) (査読付き)

Tsubasa Tanaka and Kiyoshi Furukawa, “Reinforcement Learning of Musical Scales from Human Emotions,” Proceedings of International Computer Music Conference 2013, pp.449-452, 2013, Perth. (音楽情報処理に関する主要な国際会議) (査読付き)

田中翼, 古川聖, 「群の生成系としての音程スケール」, 先端芸術音楽創作学会会報, Vol.5 No.1, pp.3-9, 2013, 東京. (音楽の創作理論に関する国内学会) (査読なし)

以上から、田中の博士論文と作品は博士号に値するとし博士号を授与する。